

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
УО ГГТУ имени П.О.Сухого  
\_\_\_\_\_ О.Д.Асенчик  
\_\_\_\_\_ 2021  
Регистрационный № УД

### **Лопастные машины и передачи**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:  
1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин»

2021 г.

Учебная программа составлена на основе:  
образовательного стандарта высшего образования первой ступени для специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» ОСВО 1-36 01 07 – 2013;  
учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин»  
№ I 36-1-12/уч. от 06.02.2019  
№ I 36-1-02/уч. от 05.02.2020

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Ю.А. Андреевец, старший преподаватель кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

Е.П. Борисов, заместитель директора — директор по новой технике ОАО «САЛЕО-Гомель», кандидат технических наук

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»  
(протокол № 12 от 21.05. 2021).

Научно-методическим советом машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»  
(протокол № 5 от 07.06.2021);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»  
(протокол № от . .2021);

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по дисциплине «Лопастные машины и передачи» разработана в соответствии с образовательным стандартом ОСВО 1-36 01 07 – 2013, учебными планами учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» для указанной специальности.

Курс «Лопастные машины и передачи» является одной из дисциплин специализации и охватывает вопросы теории и практического применения лопастных насосов, гидротурбин и гидродинамических передач.

**Цель дисциплины** – изучение параметров, характеристик и конструкций лопастных насосов, вопросов их эксплуатации в гидравлических системах, гидродинамики рабочего процесса в элементах проточной части и методик расчета и проектирования этих элементов.

### **Задачи дисциплины:**

- дать информацию о типах, параметрах, характеристиках, конструктивных особенностях и областях применения лопастных насосов;
- познакомить обучающихся с основными проблемами, возникающими при эксплуатации лопастных насосов в обслуживаемых гидросистемах, и способах их разрешения с оценкой их энергетической и экономической эффективности;
- дать представление о кавитационных процессах в насосах, научить выполнять расчеты по обеспечению их бескавитационной работы во всех режимах эксплуатации в гидросистемах и познакомить с современными способами повышения их противокавитационных качеств;
- познакомить с целями и методиками испытаний лопастных насосов, оборудованием испытательных стендов и обеспечить приобретение практических навыков их проведения;
- научить разрабатывать техническое задание на проектирование новых насосов;
- научить принимать и обосновывать конкретные технические решения при расчете и проектировании всех элементов проточной части и других узлов лопастных насосов в процессе выполнения курсовой работы.

Дисциплина «Лопастные машины и передачи» базируется на общеинженерных дисциплинах: «Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Механика материалов», «Детали машин», «Материаловедение», «Механика жидкости и газа» и т.п. Материалы данной дисциплины используются при изучении других специальных дисциплин, таких как: «Теория и проектирование гидропневмосистем», «Исследование и испытание гидропневмосистем», «Гидропневмосистемы мобильных машин» и дипломное проектирование.

## Требования к освоению учебной дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- классификацию, назначение и принципы действия лопастных гидромашин, их достоинства и недостатки, области применения, предъявляемые требования и конструктивные особенности;
- физические модели течений в элементах проточной части насосов;
- методику профилирования лопастей рабочих колес;
- способы снижения силовых нагрузок на ротор и методики расчета остаточных нагрузок;
- методики расчета и способы снижения объемных и механических потерь в насосе;
- ГОСТы и другие нормативные документы по видам и основным параметрам лопастных насосов;
- методы исследований, проектирования и проведения экспериментальных работ;
- материалы и основные технологические требования по изготовлению лопастных машин;
- основы выбора турбин и насосов по основным показателям;
- основы правил эксплуатации, охраны труда и внешней среды;
- основные направления и перспективы совершенствования и развития лопастных машин и передач

**уметь:**

- разрабатывать техническое задание на проектирование и на его основе выполнить технический проект конкурентоспособного насоса;
- пользоваться характеристиками турбин и насосов;
- выбирать тип и марку турбин и насосов и основных их элементов при проектировании оборудования;
- производить расчет гидравлических систем, подбирать оборудование насосных станций;
- производить расчеты, связанные с приспособлением машин к технологическим условиям.
- обосновывать выбор насоса и его привода, оптимизированный по инвестиционным и эксплуатационным затратам при работе в данной гидросистеме;
- использовать изученные методики при проектировании насоса;
- использовать имеющиеся компьютерные программы расчетов элементов проточной части при проектировании насоса;
- рассчитывать полный и частные КПД для расчетного режима и прогнозную характеристику спроектированного насоса;

- производить испытания и исследования лопастных машин и передач.  
**владеть:**
- терминологией в области лопастных машин и передач;
- навыками проведения гидравлических и прочностных расчетов проточных частей и вспомогательных элементов лопастных насосов;
- навыками профилирования элементов проточной части лопастных насосов;
- навыками проведения энергетических и кавитационных испытаний лопастных насосов и получения соответствующих характеристик;
- навыками проектирования лопастных машин с использованием справочных материалов и технической информации.

Изучение дисциплины должно обеспечить у студента формирование следующих компетенций

- *академических:*
  - уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
  - владеть системным и сравнительным анализом;
  - владеть исследовательскими навыками;
  - уметь работать самостоятельно;
  - быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
  - владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
  - иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
  - обладать навыками устной и письменной коммуникации;
  - уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- *социально-личностных:*
  - уметь работать в команде;
  - быть способным к критике и самокритике;
  - владеть навыками здоровьесбережения.
- *профессиональных:*
  - проектировать и конструировать лопастные машины;
  - осуществлять необходимые расчеты деталей и узлов;
  - использовать автоматизированную систему проектирования и современной вычислительной техники;
  - выполнять требования стандартов и нормативно-технических документов при проектировании;
  - производить патентно-информационный поиск, оценивать патентоспособность и патентную чистоту решений;
  - обосновывать и выбирать материалы для проектируемых изделий;
  - осуществлять рациональные способы монтажа лопастных машин и гидравлических систем;

- осуществлять техническую диагностику гидромашин и гидросистем в целом в процессе их эксплуатации;
- оценивать техническое состояние и определение оптимальных условий и режимов работы гидросистем и оборудования в процессе их эксплуатации;
- владеть методами математического моделирования гидромашин;
- анализировать и оценивать собранные данные;
- анализировать и оценивать тенденции развития техники и технологий;
- пользоваться глобальными информационными ресурсами;
- понимать сущность и социальную значимость своей профессии, основные проблемы в конкретной области своей деятельности;
- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации;
- работать с научной, технической и патентной литературой.

Форма получения высшего образования: дневная.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Лопастные машины и передачи» в соответствии с учебным планом по специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» – 164, трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах – 4,0.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам.

Форма обучения	дневная
Курс	3
Семестр	5
Лекции (часов)	48
Практические занятия (часов)	16
Лабораторные занятия (часов)	16
Аудиторных (часов)	80
Формы текущей аттестации	
Экзамен	5
Курсовая работа	5,
	40 часов/1 з.е.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

*Раздел 1. Общие понятия и определения. Теоретические основы.*

Тема 1.1. Общие понятия и определения. Классификация. Основные параметры.

Общие понятия и определения лопастных гидромашин и гидродинамических передач. Области применения и перспективы развития, достоинства и недостатки.

Классификация лопастных машин по конструкции рабочего колеса; по типу движения жидкости на рабочем колесе; по типам подводящих и отводящих устройств, в зависимости от назначения и свойств перекачиваемой жидкости, по конструктивному исполнению.

Рабочие параметры насосов. Расход, напор, мощность, КПД. Потери в лопастных насосах.

Тема 1.2. Конструктивные разновидности лопастных насосов

Центробежные консольные насосы горизонтальные и вертикальные, одноступенчатые и многоступенчатые, с двусторонним входом; погружные скважинные насосы; осевые вертикальные и горизонтальные, диагональные насосы; вихревые насосы.

Тема 1.3. Рабочий процесс в лопастных насосах

Основные термины. Кинематика потока жидкости в центробежном насосе. Модель струйного движения. Типы лопастей.

Абсолютное и относительное движение жидкости на рабочем колесе лопастного насоса. Определение скоростей движения жидкости в рабочем колесе и построение треугольников скоростей на входе и выходе колеса. Учет стеснения потока лопатками.

Тема 1.4. Основное уравнение лопастных машин

Момент на валу рабочего колеса. Основное уравнение лопастных машин в форме моментов и напоров. Основное уравнение центробежного насоса.

Реальное движение потока жидкости в рабочем колесе насоса. Присоединенный вихрь. Гидродинамическая сила. Неравномерность распределения относительных скоростей движения жидкости по межлопастным каналам лопастных насосов.

Тема 1.5. Основы теории подобия лопастных насосов

Критерии подобия. Подобие лопастных машин. Условия пересчета параметров насоса при моделировании в соответствии с теорией подобия.

Приведенные показатели лопастных машин. Коэффициент быстроходности. Классификация лопастных машин по коэффициенту быстроходности.

## *Раздел 2. Характеристики лопастных насосов. Кавитация*

### Тема 2.1. Характеристики лопастных насосов

Характеристики центробежных, осевых, вихревых насосов: теоретические и действительные, рабочие, универсальные. Применение формул подобия для пересчета характеристик насосов.

### Тема 2.2. Подбор насосов

Работа насоса на сеть. Характеристика насосной установки. Подбор насосов на заданные параметры. Виды насосных установок. Номенклатура насосов. Совместная работа лопастных насосов при последовательном и параллельном включении в гидросистему.

### Тема 2.3. Кавитация в лопастных гидромашинах

Процесс кавитации и кавитационные характеристики. Явления сопровождающие кавитацию в лопастных машинах. Определение критического кавитационного запаса. Способы улучшения противокавитационных свойств лопастных насосов. Причины возникновения кавитационного и абразивного износов лопастных насосов. Области возникновения кавитационного и абразивного износов. Методы уменьшения.

### Тема 2.4. Осевая сила на роторе насоса

Силы, действующие на ротор насоса, величина осевого усилия. Уравновешивание ротора в одноступенчатых насосах. Уравновешивание ротора в многоступенчатых насосах.

## *Раздел 3. Эксплуатация лопастных насосов.*

### Тема 3.1. Устройство насосных установок

Устройство насосных установок. Рекомендации по проектированию насосных агрегатов, всасывающего и напорного трубопроводов. Правила установки лопастных насосов.

### Тема 3.2. Запуск лопастных насосов

Условие успешного запуска лопастных насосов. Установка насоса с подпором. Заливка всасывающей линии и корпуса насоса водой перед запуском. Использование вакуум-насосов. Сравнение способов, области применения, достоинства и недостатки. Устойчивая работа системы насос-трубопровод. Помпаж.

### Тема 3.3. Регулирование подачи лопастного насоса

Способы регулирования подачи насоса. Регулирование подачи лопастных насосов: изменением частоты вращения, дросселированием, перепуском и т.д. Достоинства и недостатки, сравнительная характеристика способов регулирования.

## *Раздел 4. Гидравлические турбины*

### Тема 4.1. Классификация и устройство турбин

Основные понятия. Классификация по способу воздействия потока жидкости на лопастную систему, по конструктивным особенностям. Турбины малых гидроэлектростанций. Устройство и принцип действия. Области применения.

### Тема 4.2. Основные параметры гидротурбин

Рабочие параметры гидротурбин. Расход, рабочий напор, мощность, КПД. Баланс энергии и виды потерь в гидротурбинах.

### Тема 4.3. Основное уравнение гидротурбин

Основное уравнение гидротурбин. Основы теории подобия гидротурбин, соотношение частот, подач и мощностей турбин. Приведенные показатели гидротурбин.

## *Раздел 5. Гидродинамические передачи*

### Тема 5.1. Основные понятия и классификация.

Основные виды гидроприводов. Основные понятия, разделенные и замкнутые гидродинамические передачи. Достоинства и недостатки. Классификация. Области применения. Рабочие жидкости для гидродинамических передач.

### Тема 5.2. Гидродинамические муфты

Устройство и принцип действия. Классификация. Основные параметры гидромуфт: крутящий момент, передаточное отношение, скольжение, КПД. Характеристики гидромуфт. Режимы работы гидромуфт. Характерные точки.

### Тема 5.3. Регулирование гидромуфт

Классификация способов регулирования гидромуфт. Объемное регулирование. Механическое регулирование. Устройство и принцип действия. Области применения. Достоинства и недостатки.

Ограничивающие гидромуфты. Принцип действия. Особенности конструкции. Области применения.

#### Тема 5.4. Гидродинамические трансформаторы

Определение и общие сведения. Классификация и особенности конструкции. Принцип действия. Параметры гидротрансформаторов. Характеристики гидротрансформаторов. Режимы работы. Особенности рабочего процесса. Прозрачность характеристики гидротрансформаторов.

#### Тема 5.5. Конструктивные разновидности гидротрансформаторов

Блокируемые, регулируемые, реверсивные, реверсируемые, многоступенчатые, многотурбинные гидротрансформаторы. Комплексные передачи. Принцип действия, внешние характеристики.

### *Раздел 6. Гидромеханические передачи. Испытания лопастных машин.*

Тема 6.1. Классификация и принцип действия гидромеханических передач.

Гидромеханические передачи: определения, классификация и принцип действия. Состав и функции основных частей. Области применения.

Тема 6.2. Конструктивные разновидности гидромеханических передач

Гидромеханические передачи с внешним разветвлением силового потока. Принципиальные схемы, свойства, характеристики. Гидромеханические передачи с внутренним разветвлением силового потока. Основные схемы, характеристики, свойства.

#### Тема 6.3. Испытания лопастных машин

Виды испытаний лопастных насосов. Схемы стендов и их принцип работы. Цели и методика испытаний. Проверяемые параметры.

Определение характеристик турбин по модельным испытаниям. Виды испытаний и испытательных стендов. Схемы стендов и их принцип работы. Цели и методика испытаний. Проверяемые параметры.

#### Тема 6.4. Испытание гидродинамических передач.

Виды испытаний гидродинамических передач. Цели и методика испытаний. Схемы стендов и проверяемые параметры.

## ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа является одним из заключительных этапов изучения курса. Основная задача: закрепить и расширить теоретические знания студента, выработать у него навыки использования ЭВМ, нормативно-технической и справочной литературы.

Курсовая работа способствует подготовке студентов к дипломному проектированию. На выполнение курсовой работы запланировано 40 часов, трудоемкость выполнения, выраженная в зачетных единицах – 1,0.

В задачу студента входит: расчет потребного напора гидравлической сети и построение ее характеристики; подбор насоса-аналога по рассчитанным параметрам; расчет и профилирование проточной полости рабочего колеса центробежного насоса подобного выбранного.

*Объем курсовой работы включает следующее:*

1) расчетно-пояснительная записка (30-40 листов формата А4), состоящая из следующих пунктов:

- 1) задание;
- 2) введение, в котором отражаются области применения, достоинства и недостатки лопастной машины данной конструкции;
- 3) расчет потребного напора системы при заданном расходе и построение характеристики сети;
- 4) подбор насоса при расчетных параметрах;
- 5) определение геометрических параметров на входе в рабочее колесо;
- 6) определение параметров рабочего колеса на выходе;
- 7) профилирование лопасти рабочего колеса;
- 8) заключение;
- 9) список литературы
- 10) приложения.

2) графическая часть (1 лист формата А3-А2), которая состоит из:

- 1) график характеристики сети, построенный на миллиметровой бумаге;
- 2) чертеж рабочего колеса.

При расчете стремиться к максимальному использованию ЭВМ.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Иное		
Всего		48	16	16			
1.	<i>Общие понятия и определения. Теоретические основы.</i>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>2</b>			Тест, защита лабораторной работы, выполнение практических работ, выполнение реферата, экзамен
1.1	Общие понятия и определения. Классификация. Основные параметры	2	2				
1.2	Конструктивные разновидности лопастных насосов	4		2			
1.3	Рабочий процесс в лопастных насосах	2	2				
1.4	Основное уравнение лопастных машин	2	2				
1.5	Основы теории подобия лопастных насосов	2	2				
2.	<i>Характеристики лопастных насосов. Кавитация</i>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>4</b>			
2.1	Характеристики лопастных насосов	2		2			
2.2	Подбор насосов	2	4				
2.3	Кавитация в лопастных машинах	2	2	2			
2.4	Осевая сила на роторе насоса	2					
3.	<i>Эксплуатация лопастных насосов</i>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>			
3.1	Устройство насосных установок	2					
3.2	Запуск лопастных насосов	2		1			
3.3	Регулирование подачи лопастного насоса	2	2	1			
4.	<i>Гидравлические турбины</i>	<b>6</b>		<b>2</b>			
4.1	Классификация и устройство турбин	2		2			

4.2	Основные параметры гидротурбин	2					
4.3	Основное уравнение гидротурбин	2					
5.	<i>Гидродинамические передачи</i>	<b>9</b>		<b>4</b>			
5.1	Основные понятия и классификация	2					
5.2	Гидродинамические муфты	2		2			
5.3	Регулирование гидромуфт	2					
5.4	Гидродинамические трансформаторы	1		2			
5.5	Конструктивные разновидности гидротрансформаторов	2					
6.	<i>Гидромеханические передачи. Испытания лопастных машин.</i>	<b>7</b>		<b>2</b>			
6.1	Классификация и принцип действия гидромеханических передач	2					
6.2	Конструктивные разновидности гидромеханических передач	2					
6.3	Испытания лопастных машин	2		2			
6.4	Испытание гидродинамических передач	1					

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

- 1) Кабанов В.И. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Лопастные машины и гидродинамические передачи.: Учебное пособие для вузов. – Мн.: Выш.шк., 1989. – 183 с.
- 2) Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: учеб. пособие для вузов / Т. В. Артемьева [и др.] ; под ред. С. П. Стесина. - 4-е изд., стер.. - Москва : Академия, 2008. - 335 с.
- 3) Кривченко Г.И. Гидравлические машины: Турбины и насосы. Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
- 4) Стесин С.П., Яковенко Е.А. Гидродинамические передачи. – М.; Машиностроение, 1973.

Дополнительная литература — *Университельская библиотека Online*  
(<https://biblioclub.ru>)

- 5) Перевощиков С.И. Конструкция центробежных насосов (общие сведения) : учебное пособие / С. И. Перевощиков. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 228 с.
- 6) Тихоненков, Б.П. Гидравлические машины : учебное пособие / Б.П. Тихоненков ; Министерство транспорта Российской Федерации. – Москва : Альтаир : МГАВТ, 2005. – Ч. 1. Насосы. – 103 с. : ил.,табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482507> (дата обращения: 21.12.2020). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.
- 7) Разинов, Ю.И. Гидравлика и гидравлические машины : учебное пособие / Ю.И. Разинов, П.П. Суханов ; Казанский государственный технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2010. – 159 с. : ил., схемы – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=270580> (дата обращения: 21.12.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7882-0849-7. – Текст : электронный.
- 8) Тихоненков, Б.П. Насосы и насосные станции : учебное пособие : в 2-х ч. / Б.П. Тихоненков ; Министерство транспорта Российской Федерации, Агенство морского и речного флота, Московская государственная академия водного транспорта. – Москва : Альтаир : МГАВТ, 2005. – Ч. 1. Насосы. – 121 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430699> (дата обращения: 21.12.2020). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

- 9) Тихоненков, Б.П. Гидравлические машины : учебное пособие : [16+] / Б.П. Тихоненков ; Министерство транспорта Российской Федерации, Агенство морского и речного флота, Московская государственная академия водного транспорта. – Москва : Альтаир : МГАВТ, 2005. – Ч. 2. Турбины. – 93 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430696> (дата обращения: 21.12.2020). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.
- 10) Лаптева, Н.Е. Центробежные насосы : учебно-методическое пособие / Н.Е. Лаптева. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2012. – 56 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239828> (дата обращения: 21.12.2020). – ISBN 978-5-7996-0742-5. – Текст : электронный.
- 11) Карелин В.Я., Новодережкин Р.А. Насосные станции гидротехнических систем с осевыми и диагональными насосами. – М.: Энергия, 1980. – 288 с.
- 12) Михайлов А.К., Малюшенко В.М. Конструкция и расчет центробежных насосов высокого давления. – М.: Машиностроение, 1971. – 304 с.
- 13) Стесин С.П., Яковенко Е.А. Лопастные машины и гидродинамические передачи: Учебник. – М.: Машиностроение, 1990. – 240 с.

#### Учебно-методические комплексы

- 14) Андреевец, Ю. А. Лопастные машины и передачи : электронный учебно-методический комплекс дисциплины для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" / Ю. А. Андреевец. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. Режим доступа <http://elib.gstu.by/handle/220612/1527>
- 15) Андреевец, Ю. А. Лопастные машины и передачи : курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной и заочной форм обучения / Ю. А. Андреевец. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. - 75 с. Режим доступа <http://elib.gstu.by/handle/220612/575>
- 16) Центробежные насосы : практическое руководство по курсу "Гидропривод и гидроавтоматика" для студентов машиностроительных специальностей. Ч. 2 / Д. Н. Андрианов, Л. И. Шульга. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2006. - 48 с. Режим доступа <http://elib.gstu.by/handle/220612/766>
- 17) Андреевец, Ю. А. Лопастные машины и передачи : лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной и заочной форм обучения / Ю. А. Андреевец. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. - 36 с. Режим доступа

<http://elib.gstu.by/handle/220612/589>

- 18) Андреевец, Ю. А. Лопастные машины и передачи : учебно-методическое пособие к курсовой работе по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной и заочной форм обучения / Ю. А. Андреевец. - Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2016. - 71 с. Режим доступа <https://elib.gstu.by/handle/220612/14973>
- 19) Андреевец, Ю. А. Лопастные машины и передачи [Электронный ресурс] : практикум по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной формы обучения / Ю. А. Андреевец. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. - 90 с. Режим доступа <https://elib.gstu.by/handle/220612/23761>

#### Примерный перечень материалов и технических средств обучения

- 1) Презентации, видеоматериалы к курсу лекций.
- 2) Электронный курс по дисциплине «Лопастные машины и передачи». Автор-составитель: Андреевец Ю.А., Кафедра "Гидропневоавтоматика". -Гомель: ГГТУ, 2015 Режим доступа <http://www.edu.gstu.by/course/view.php?id=82>

#### Примерный перечень лабораторных занятий

- 1) Изучение конструкций и отдельных элементов центробежных насосов
- 2) Нормальные испытания центробежного насоса
- 3) Изучения конструкции и работы вихревого самовсасывающего насоса
- 4) Кавитационные испытания центробежного насоса
- 5) Изучение условий запуска центробежных насосов и видов регулирования подачи центробежных насосов
- 6) Изучение конструкций гидравлических турбин
- 7) Изучение устройства и работы гидродинамической муфты
- 8) Изучение комплексного гидротрансформатора ЛГ-340-43В.

#### Примерный перечень практических занятий

- 1) Определение основных параметров лопастных насосов.
- 2) Определение скоростей движения жидкости через рабочее колесо центробежной машины. Построение треугольников скоростей.

- 3) Определение момента и напора центробежного насоса по геометрическим параметрам рабочего колеса.
- 4) Расчет коэффициента быстроходности. Пересчет характеристик центробежных насосов по формулам подобия.
- 5) Определение допустимой высоты всасывания и кавитационного запаса центробежных насосов.
- 6) Расчет и выбор центробежного насоса на параметры сети.
- 7) Расчет и проектирование рабочего колеса центробежного насоса.
- 8) Эксплуатация и испытания лопастных колес. Регулирование подачи.

#### Примерный перечень вопросов для самостоятельной работы студентов

- 1) Какие машины называются гидравлическими, лопастными, динамическими. Какие гидравлические машины называются насосами, турбинами, гидродинамическими передачами.
- 2) Принцип действия динамической машины.
- 3) Классификация лопастных машин по направлению движения потока жидкости; по конструкции рабочего колеса; по типу подводящего устройства; по типу отводящего устройства.
- 4) Дополнительная классификация лопастных машин.
- 5) Основные параметры лопастных машин: подача и напор, мощность и КПД. Баланс энергии на рабочем колесе. Потери.
- 6) Движение потока жидкости на рабочем колесе. Основные допущения. Траектория движения жидкости по рабочему колесу в идеальном случае. Скорости движения жидкости. Меридиональный поток и меридиональная скорость.
- 7) Типы лопастей в зависимости от рабочих углов на выходе рабочего колеса.
- 8) Стеснение потока жидкости лопастями на входе и на выходе. Влияние стеснения потока жидкости лопастями на подачу лопастного насоса.
- 9) Построение треугольника скоростей на входе в рабочее колесо и на выходе из рабочего колеса.
- 10) Вывод основного уравнения лопастных машин в форме моментов и напоров. Вывод основного уравнения центробежного насоса.
- 11) Теория подобия лопастных машин. Условия подобия лопастных машин. Следствия из теории подобия лопастных машин: соотношения подач, напоров и мощностей.
- 12) Приведенные показатели лопастных машин. Коэффициент быстроходности. Классификация лопастных машин в зависимости от коэффициента быстроходности.

- 13) Реальное движение потока жидкости в рабочем колесе. Присоединенный вихрь. Гидродинамическая сила.
- 14) Структура потока жидкости в рабочем колесе центробежного насоса. Влияние присоединенных вихрей на напор насоса.
- 15) Уплотнения рабочего колеса и вала: виды, достоинства и недостатки.
- 16) Осевая сила на валу рабочего колеса. Построение эпюр давления. Способы разгрузки ротора насоса от осевого усилия.
- 17) Понятие «кавитация». Причина и места возникновения в лопастных насосах. Явления, сопровождающие кавитацию. Кавитационный запас насоса. Кавитационные характеристики. Противокавитационные свойства насосов.
- 18) Одноступенчатый консольный горизонтальный центробежный насос. Устройство и принцип действия.
- 19) Одноступенчатый вертикальный центробежный насос. Устройство и принцип действия.
- 20) Центробежный насос с двусторонним входом. Устройство и принцип действия.
- 21) Центробежный многоступенчатый секционный насос. Устройство и принцип действия.
- 22) Схемы установки рабочих колес в центробежном многоступенчатом секционном насосе.
- 23) Осевой вертикальный насос. Устройство и принцип действия.
- 24) Диагональный насос. Устройство и принцип действия.
- 25) Вихревой насос закрытого типа. Устройство и принцип действия.
- 26) Вихревой насос открытого типа. Устройство и принцип действия.
- 27) Теоретические характеристики центробежного насоса. Влияние величины рабочего угла на величину и направление скоростей жидкости. Действительная характеристика центробежного насоса. Потери.
- 28) Универсальная и рабочая характеристики центробежного насоса.
- 29) Характеристики осевого насоса.
- 30) Характеристики вихревого насоса.
- 31) Пересчет характеристик центробежного насоса на другую частоту вращения. Кривые подобных режимов. Пересчет характеристик центробежного насоса при обточке рабочего колеса. Парабола обточек.
- 32) Характеристика насосной установки. Потребный напор. Подбор насоса к установке. Рабочая точка. Номенклатура насосов.
- 33) Частные случаи насосных установок: установка с совпадающими приемным и напорным уровнями. Частные случаи насосных установок: установка с напорным уровнем ниже приемного.
- 34) Совместная работа лопастных насосов при последовательном и параллельном подключении.

- 35) Требования, предъявляемые при проектировании насосных установок. Правила установки лопастных насосов при эксплуатации лопастных насосов.
- 36) Условие успешного запуска лопастных насосов. Установка насоса с подпором. Заливка всасывающей линии и корпуса насоса перед пуском.
- 37) Условие успешного запуска лопастных насосов. Использование вакуум-насосов. Водокольцевой вакуум-насос. Устройство и принцип действия.
- 38) Способы регулирования подачи лопастных насосов. Регулирование подачи лопастных насосов дросселированием, изменением частоты вращения насоса, перепуском.
- 39) Кавитационный износ насосов. Эксплуатационные факторы износа. Причины кавитационного износа, связанные с качеством материалов и изготовления насоса. Места возникновения кавитационного износа в лопастных насосах. Уменьшение кавитационного износа.
- 40) Абразивный износ насосов. Причины и места возникновения. Уменьшение абразивного износа.
- 41) Устойчивая работа лопастных насосов на сеть. Неустойчивая работа лопастных насосов на сеть. Помпаж.
- 42) Гидравлические турбины. Общие сведения. Классификация гидравлических турбин по способу воздействия на лопастную систему. Классификация реактивных гидравлических турбин по направлению движения потока жидкости в рабочей полости. Классификация активных гидравлических турбин по конструктивным особенностям.
- 43) Активные гидравлические турбины. Устройство и принцип действия.
- 44) Диагональная гидравлическая турбина. Устройство и принцип действия.
- 45) Осевая гидравлическая турбина. Устройство и принцип действия.
- 46) Радиально-осевая гидравлическая турбина. Устройство и принцип действия.
- 47) Горизонтальные гидравлические турбины. Устройство и принцип действия.
- 48) Реактивные гидравлические турбины малых гидроэлектростанций.
- 49) Активные гидравлические турбины малых гидроэлектростанций.
- 50) Основные параметры гидротурбин. Расход и рабочий напор. Мощность и КПД.
- 51) Основное уравнение гидротурбин.
- 52) Теория подобия гидротурбин. Соотношение подач, мощностей и частот вращения. Коэффициент быстроходности гидравлических турбин.

- 53) Гидродинамические передачи. Определения. Классификация, достоинства и недостатки. Рабочие жидкости для гидродинамических передач.
- 54) Гидродинамические муфты. Определение. Схема и принцип работы.
- 55) Классификация гидродинамических муфт по назначению, по количеству рабочих полостей, по количеству опор, по циркуляции рабочей жидкости.
- 56) Основные параметры гидродинамических муфт.
- 57) Виды характеристик гидродинамических муфт. Полная внешняя характеристика нерегулируемых гидромуфт. Режимы работы гидродинамических муфт. Характерные точки тягового режима гидродинамической муфты. Тяговая, универсальная и безразмерная характеристики гидромуфт.
- 58) Объёмное регулирование гидромуфты насосом, насосом и неподвижной черпательной трубкой, насосом и подвижной черпательной трубкой, подвижной черпательной трубкой.
- 59) Механическое шиберное регулирование гидромуфт, изменением объема сбросной камеры, выдвиганием лопастей, поворотом лопастей.
- 60) Гидродинамические трансформаторы. Определение. Схема и принцип работы. Классификация гидродинамических трансформаторов по свойствам, по конструктивным особенностям.
- 61) Основные параметры гидротрансформаторов. Прозрачность гидротрансформаторов. Характеристики и коэффициент прозрачности.
- 62) Характеристики гидротрансформаторов. Классификация. Полная внешняя характеристика гидротрансформатора. Характерные точки тягового режима гидротрансформаторов. Режимы работы гидротрансформаторов.
- 63) Комплексные гидротрансформаторы. Устройство и принцип действия. Комплексные гидротрансформаторы. Характеристика.
- 64) Устройство и принцип действия двухтурбинного комплексного гидротрансформатора прямого хода.
- 65) Устройство и принцип действия двухреакторного одноступенчатого блокируемого гидротрансформатора.
- 66) Устройство и принцип действия комплексного блокируемого трансформатора прямого хода.
- 67) Устройство и принцип действия двухполостного реверсирующего гидротрансформатора.
- 68) Устройство и принцип действия реверсируемого одноступенчатого гидротрансформатора обратного хода.
- 69) Устройство и принцип действия регулируемого гидротрансформатора.

- 70) Устройство и принцип действия многоциркуляционного гидротрансформатора.
- 71) Устройство и принцип действия многоступенчатого гидротрансформатора.
- 72) Гидромеханические передачи. Определения. Достоинства и недостатки.
- 73) Гидромеханические передачи с внешним разделением потока.
- 74) Гидромеханические передачи с внутренним разделением потока.

### Образовательные технологии

При изучении дисциплины предлагается использовать в учебном процессе инновационные образовательные технологии, адекватные компетентностному подходу в подготовке специалиста (вариативные модели управляемой самостоятельной работы студентов, учебно-методические комплексы, модульно-рейтинговую систему обучения, тестовые и другие системы оценки уровня компетенций студентов).

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Лопастные машины и передачи» используются следующие образовательные технологии:

Информационно-развивающие технологии:

- использование мультимедийного оборудования при проведении занятий;
- получение студентом необходимой учебной информации под руководством преподавателя или самостоятельно ([www.gstu.by](http://www.gstu.by) (Общая информация - Кафедры));
- метод ИТ - применение для всех видов контроля -электронного тестового комплекса.

Развивающие проблемно-ориентированные технологии:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение), реализуемые на лекционных занятиях;
  - элементы учебно-исследовательской деятельности с использованием творческого подхода, реализуемые на лабораторных занятиях, при выполнении учебно-исследовательской работы или специального индивидуального задания в плане НИР кафедры, а также при самостоятельной работе;
  - «междисциплинарное обучение» - использование знаний из разных областей, группируемых и концентрируемых в контексте конкретно решаемой задачи;
  - контекстное обучение;
  - обучение на основе опыта;
- Личностно ориентированные технологии обучения:
- консультации;

— опережающая самостоятельная работа - изучение студентами нового материала до его изложения преподавателем на лекции и других аудиторных занятиях.

### Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа, в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- управляемая самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных специальных научно-исследовательских заданий с консультациями преподавателя;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка индивидуальных домашних заданий в соответствии с конкретным вариантом исходных данных;
- тестирование;
- подготовка к сдаче курсовой работы;
- подготовка к сдаче экзамена.

Контроль самостоятельной работы студентов и оценка ее результатов организуется как единство двух форм: самоконтроль и самооценка, а также контроль и оценка со стороны преподавателя. Самостоятельную работу студентов можно разделить на обязательную и дополнительную. Обязательная самостоятельная работа обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях, выполненных контрольных работ, тестовых заданий и других форм текущего контроля. Баллы, полученные студентом по результатам аудиторной работы, формируют рейтинговую оценку текущей успеваемости студента по дисциплине.

Дополнительная самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по проблематике учебной дисциплины.

Подведение итогов и оценка результатов таких форм самостоятельной работы осуществляется во время консультативных часов с преподавателем. Баллы, полученные по этим видам работы, формируют оценку по дополнительной самостоятельной работе студента и учитываются при итоговой аттестации по курсу.

## Диагностика компетентности студента

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- выступление студента на конференции по подготовленному реферату или по результатам законченной научно-исследовательской работы;
- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- защита выполненных на лабораторных работах индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках управляемой самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- компьютерное тестирование знаний студента;
- защита выполненной курсовой работы;
- сдача экзамена по десятибалльной шкале.

### Фонды оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине «Лопастные машины и передачи» позволяет оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций, включает:

- экзаменационные билеты;
- экзаменационные вопросы;
- набор вариантов практических работ;
- тестовый комплекс.

Оценка качества освоения программы дисциплины «Лопастные машины и передачи» включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию (по модулям), итоговую аттестацию.

### Материально-техническое обеспечение дисциплины

#### 1) Материальное обеспечение дисциплины

В специализированной лаборатории «Объемных, динамических гидравлических машин и гидроприводов» имеются экспериментальные стенды.

#### 2) Технические средства обучения и контроля.

Демонстрация учебных фильмов по теме: теоретическим разделам дисциплины, например. «Как выбрать насос».

Электронный курс по дисциплине с тестовым комплексом.

#### 3) Использование персональных ЭВМ.

Использование персональных ЭВМ при выполнении курсовой работы по дисциплине «Лопастные машины и передачи» и при подготовке к тестированию по модулям в рамках модульно-рейтинговой системы.

## Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний обучающихся отметками в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. №09-10/53-ПО)

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название Кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) <sup>1</sup>
1	2	3	4
Теория и проектирование гидропневмосистем	НГР и ГПА	Нет	
Гидропневмоприводы технологических машин	НГР и ГПА	Нет	
Рабочие жидкости, смазки и уплотнения гидропневмосистем	НГР и ГПА	Нет	
Исследования и испытания гидропневмосистем	НГР и ГПА	Нет	